

PULPA MECÁNICA AL PERÓXIDO ALCALINO (APMP) DE *Eucalyptus dunnii* **ALKALINE PEROXIDE MECHANICAL PULP OF *Eucalyptus dunnii***

Dr. Fernando E. Felissia, [Dra. Ma. Cristina Area](mailto:ma.cristina.area@fceqyn.unam.edu.ar)

Programa de Investigación de Celulosa y Papel - FCEQyN – Universidad Nacional de Misiones -
Félix de Azara 1552, (3300) Posadas, Misiones, Argentina. Tel/Fax: 54-3752- 422198.
f.felissia@fceqyn.unam.edu.ar; m.c.area@fceqyn.unam.edu.ar

PALABRAS CLAVE

Eucalyptus – *Eucalyptus dunnii* - Pulpado quimimecánico - Pulpas APMP-
Blanqueo

RESUMEN

El trabajo consistió en la aplicación de un proceso de pulpado mecánico al peróxido alcalino a madera de *Eucalyptus dunnii*, y de una etapa de blanqueo adicional con peróxido de hidrógeno, con el objetivo de obtener una pulpa blanqueada con una blancura objetivo de 85% ISO. El proceso APMP aplicado consistió en dos etapas de impregnación. En la primer etapa se utilizó 0,3% (sms) de quelante fosfonado (DTPMPA) y en la segunda etapa se utilizó un licor compuesto de 3,1% sobre material seco (sms) de peróxido de hidrógeno, 4,3% (sms.) de hidróxido de sodio, y de estabilizantes como silicato de sodio, quelante y sulfato de magnesio. El tiempo de tratamiento y la temperatura aplicados en la segunda etapa fueron de 45 minutos y 60°C, respectivamente. El desfibrado se realizó utilizando un molino de discos de 8". En la etapa de blanqueo adicional se aplicó una carga de peróxido de 1,9% (sms.) y de hidróxido de sodio de 1,2% (sms.). Se utilizó en esta etapa una temperatura de 75°C y se evaluaron dos tiempos de tratamiento (60 y 90 minutos). La pulpa APMP obtenida, drenabilidad de 35°SR, alcanzó una blancura final de 68,8 %ISO y el blanqueo adicional aumentó la blancura a 86 %ISO. Las propiedades mecánicas de las pulpas a 35°SR fueron pobres. Aplicando un refino adicional hasta 58°SR, las pulpas duplicaron sus resistencias. La incorporación de 15% de pulpa kraft blanqueada de pino produjo un incremento del 17%, 29% y 83% en las resistencias a la tracción, explosión y rasgado respectivamente.

INTRODUCCIÓN

El trabajo consistió en la aplicación de un proceso de pulpado mecánico al peróxido alcalino (tipo APMP) a madera de *Eucalyptus dunnii*, y de una etapa de blanqueo adicional con peróxido de hidrógeno, con el objetivo de obtener una pulpa blanqueada con un blanco de 85% ISO.

El *Eucalyptus dunnii* se introdujo en Brasil, procedente de Australia, en 1964. Crece muy bien en Brasil, y es resistente al frío. En Argentina, las plantaciones de esta especie se iniciaron en 1979. Su duramen, de color blancuzco, es de baja durabilidad. Se lo planta para producción de pulpas en Sudáfrica y China. Comparando con otras especies de *Eucalyptus* (*grandis*, *glóbulus*, *viminalis*), el *E. dunnii* presenta menor tenor de lignina y mayor de hemicelulosas y extractivos (1).

El pulpado quimimecánico al peróxido alcalino (Alkaline Peroxide Mechanical Pulp, APMP), consiste en un tratamiento químico de las astillas con hidróxido de sodio, peróxido de hidrógeno y estabilizantes, con lo cual se logra un efecto simultáneo de pulpado y blanqueo. Este proceso fue desarrollado por la firma Andritz - Sprout Bauer, como una forma de mejorar la calidad de las pulpas quimimecánicas de latifoliadas (2-6).

El proceso utiliza una prensa-tornillo (Impressafiner) de alta compresión (relación de compresión 4:1) para desarrollar el llamado "efecto esponja". Este efecto se produce al expandirse el material fibroso comprimido y absorber simultáneamente el licor de impregnación. Esto es imprescindible para lograr una buena impregnación. Lográndose además una reducción de la energía requerida para la separación de las fibras sin romperlas. Esto mejora su conformabilidad y capacidad de unión (bonding).

La impregnación se realiza en 2 etapas, la primera con un licor débil con gran cantidad de estabilizantes, y la segunda con el licor concentrado. Los reactivos son el H_2O_2 , que es el químico blanqueante, y el NaOH, que actúa como medio alcalino para activar el H_2O_2 y contribuye al desarrollo de la resistencia de la pulpa. Se agregan silicato de sodio, sulfato de magnesio y quelantes de iones metálicos (principalmente Fe^{+2} y Mn^{+2}) para estabilizar el peróxido de hidrógeno y evitar su descomposición catalítica.

Posteriormente el material pasa por etapas de desfibración y refinación atmosféricas.

Este tipo de pulpado es muy adecuado a todas las especies de latifoliadas, en particular, álamo, eucaliptos y mezclas de latifoliadas. Las pulpas de latifoliadas APMP, usualmente se blanquean en torre con peróxido de hidrógeno hasta 80 a 85% ISO, y son usadas en una gran variedad de productos finales, incluyendo papeles para impresión, escritura, tisú y cartones para embalaje. Se encuentra muy difundido actualmente, con gran capacidad instalada, sobre todo en China (2, 6).

El proceso P-RC APMP consiste en un preacondicionamiento a baja temperatura (P) de los chips tratados con peróxido alcalino y un tratamiento de refinación con químicos (RC) para realizar un efecto de blanqueo (7, 8).

La principal diferencia entre el P-RC y el APMP tradicional es que el P-RC tiene una torre de retención de alta consistencia (HC) después del refinador primario. Esto permite hacer un refinado más químico para mejorar las propiedades ópticas de la pulpa y utilizar mejor los químicos residuales para mejorar el brightness.

Con esta torre HC interetapa, el proceso P-RC APMP tiene mayor flexibilidad para controlar el desarrollo de las propiedades de la pulpa. También puede operarse como un APMP convencional, cambiando las condiciones de proceso para realizar las reacciones previamente a la refinación. Con una carga adecuada de reactivos, se parece (en resistencia a la tracción) a las BCTMP de latifoliadas, pero con menor consumo de energía específica.

En el proceso del P-RC APMP, una refinación secundaria a baja consistencia es más eficiente en la reducción del contenido de haces fibrosos, utiliza menos energía, da una mayor dispersión de la luz, y produce una pulpa de similar tracción con un rasgado levemente más bajo, comparado con la refinación a alta consistencia. Un estudio realizado con mezcla de latifolidas (82% de abedul y 12%

de arce) demostró que se producen pulpas comparables a las mejores pulpas BCTMP de álamo temblón del mercado.

La tratabilidad de los efluentes del proceso APMP es alta, pudiendo extraerse entre el 70 y el 90% de la DBO, COD y resinas asociadas a los efluentes de las diferentes etapas del proceso con un tratamiento aeróbico (9).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con troncos de *Eucalyptus dunnii*, libres de corteza, provenientes de plantaciones de Uruguay. Los troncos fueron convertidos en astillas manualmente a partir de rodajas de 25-30 mm de espesor. El espesor medio de astillas fue de 5 mm.

Las astillas de madera se lavaron, vaporizaron y luego se desestructuraron en un molino Bauer para mejorar su impregnación con el licor de cocción, simulando la acción de un tornillo prensa de tipo Impressafiner o similar. En el lavado inicial de las astillas y en su desestructuración se utilizó agua de red y en las demás operaciones se empleó agua desmineralizada.

Sobre el material desestructurado se aplicaron dos etapas de impregnación utilizando una relación de compresión de 4:1 obtenida con un dispositivo de cilindro perforado y pistón accionado mediante una prensa hidráulica de 30 toneladas, simulando el efecto esponja. Los reactivos utilizados fueron de calidad analítica.

El material desestructurado fue, primeramente, prevaporizado durante 10 minutos y luego comprimido y tratado con 0,3% de quelante fosfonado DTPMPA (Solutia 9505). Posteriormente, el material impregnado con el quelante fue nuevamente prevaporizado 10 minutos y comprimido, extrayendo el material soluble. El material comprimido se puso en contacto con el licor de blanqueo, compuesto de peróxido de hidrógeno, hidróxido de sodio, silicato de sodio, quelante y sulfato de magnesio en las cantidades especificadas en la tabla 1. El material impregnado se dejó en un baño térmico a 60 °C por 45 minutos.

Las astillas cocidas se desfibraron en un molino Bauer de 8" y las pulpas resultantes se lavaron y centrifugaron. El molino Bauer operó con recirculación de agua descargando sobre un tamiz de 150 mesh. La pulpa total obtenida se mezcló con el agua de recirculación y se espesó sobre un tamiz de 270 mesh para retener los finos. Se realizaron dos lavados y luego la pulpa se centrifugó y desmenuzó.

Para la depuración y determinación de astillas en pulpa se utilizó un equipo tipo Somerville con ranuras de 0,15 mm con recirculación. La pulpa depurada se escurrió sobre un tamiz de 270 mesh vertiéndose sobre ésta el agua de recirculación, para retener los finos. Finalmente la pulpa se espesó, centrifugó y desmenuzó.

La pulpa obtenida se sometió a una etapa de blanqueo con peróxido de hidrógeno. Las condiciones de esta etapa se resumen también en la tabla 1.

Tabla 1: Condiciones de las etapas de impregnación y blanqueo de la pulpa APMP

Etapa		Etapa Impregnación 1	Etapa Impregnación 2*	Etapa Blanqueo**
Temperatura	[°C]	Pos-prevapor.	60	75
Tiempo	[min]	-	45	60-90
Consistencia	[%]	-	37	23
Peróxido de hidrógeno	[%sms]	-	3,1	1,9
Hidróxido de sodio	[%sms]	-	4,3	1,2
Silicato de sodio	[%sms]	-	3,7	2,0
Sulfato de Magnesio	[%sms]	-	0,1	0,1
Quelante	[%sms]	0,3	0,2	0,1

sms: sobre material seco, *: sobre madera seca; **: sobre pulpa seca

Los blanqueos se llevaron a cabo en bolsas de polietileno y los reactivos se homogeneizaron mecánicamente. La pulpa se llevó a la temperatura de trabajo por medio de un horno a microondas, y las bolsas se sellaron y colocaron en un baño térmico.

Finalizada la etapa de blanqueo, el licor residual se extrajo por centrifugación y la pulpa fue lavada 2 veces al 3% de consistencia a temperatura ambiente.

Las hojas para la medición de blancura se confeccionaron según norma ISO 3688-1977. Las propiedades ópticas se midieron en un equipo Technydine Color Touch modelo ISO (fuente: D65; iluminante: D65; observador: 10°). La reversión se midió como pérdida de blancura al exponer la muestra a estufa, durante 1 hora a 105°C.

Se confeccionaron hojitas para ensayos físicos de acuerdo con la norma TAPPI T205 sp95. Las muestras fueron acondicionadas en atmósfera estándar (23° C y 50% de humedad relativa, TAPPI T402 sp98). Los ensayos físicos se realizaron según la norma TAPPI T220 sp-96.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características del proceso APMP y del licor residual de la segunda etapa de impregnación, así como los resultados del blanqueo posterior se presentan en la tabla 2.

Tabla 2: Resultados del proceso APMP y de la etapa de blanqueo

Pulpa		Pulpado	Blanqueo	
			60	90
Tiempo tratamiento	[min]			
Rendimiento	[%]	83,3	-	-
°SR		35	-	-
Astillas Somerville	[%]	2,5	-	-
pH licor final		10,2	8,9	8,8
H ₂ O ₂ residual	[g/l]	1,31	2,72	2,58
H ₂ O ₂ residual	[%sms]	0,22*	0,91**	0,86**
H ₂ O ₂ consumido	[%]	92,8	52,1	54,7
Blanco ISO	[%]	68,8	85,8	86,1
Parámetro de color L*		91,4	97,5	97,6
Parámetro de color a*		0,73	-1,03	-1,03

Parámetro de color b*	9,38	6,54	6,56
Whiteness CIE		64,6	64,8
Tono CIE		-0,70	-0,71
Δ Blanco Etapa [%ISO]		17,0	17,3
Reversión (pérdida blancura) [%ISO]		1,1	1,2

sms: sobre material seco, *: sobre madera seca; **: sobre pulpa seca

La pulpa obtenida en las condiciones seleccionadas tuvo rendimientos en el rango quimimecánico (83,3%) y grado de refinado inicial de 35°SR. La cantidad de astillas a este grado de refinado fue elevada (2,5%).

Las características microscópicas de las pulpas APMP se muestran en las figuras 1 y 2.

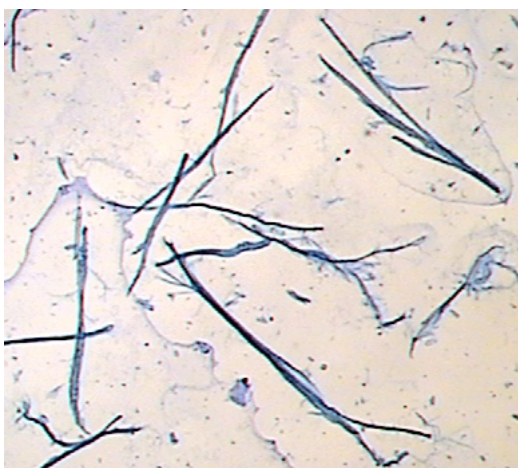


Figura 1: Pulpa APMP (4X)

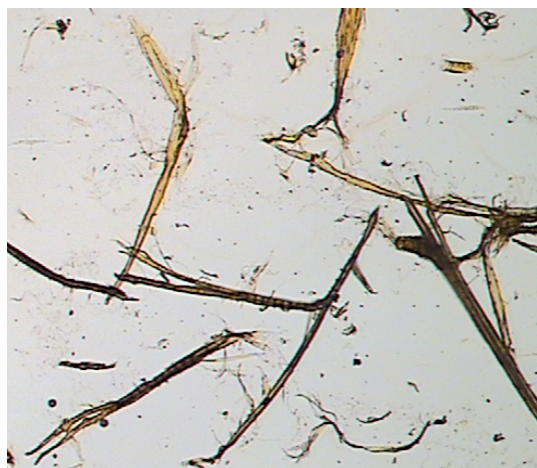


Figura 2: Pulpa APMP (10X)

Se observa en las figuras 1 y 2 las características netamente mecánicas de estas pulpas.

La blancura inicial de la pulpa fue muy elevada (68,8%ISO), considerando que se agregó un 3,1% de peróxido de hidrógeno en la etapa de pulpado.

Con 1,9% de peróxido de hidrógeno aplicado en el blanqueo, esta pulpa llegó a un blancura final de 86,1%ISO a los 90 minutos de blanqueo.

Las propiedades físicas y mecánicas de la pulpa APMP con blanqueo posterior se muestran en las tablas 3 y 4 respectivamente. Dado que las propiedades obtenidas al grado de refinado de la salida del refinador resultaron muy pobres, se decidió aplicar un post-refinado en molino PFI. Se presentan los valores correspondientes a ambas pulpas (35°SR y 58°SR).

En la tabla 4 se incorporan asimismo los resultados de las propiedades de un empaste (85% APMP + 15% SBK, refinada a 35°SR).

Tabla 3: Propiedades físicas de la pulpa APMP con blanqueo posterior

Pulpa	°SR	Bulk	Resistencia al aire	Opacidad	k (coef. absorción luz)	s (coef. dispersión luz)
		[cm ³ /g]	[s]	[%]	[m ² /kg]	[m ² /kg]
APMP	35	3,202	0,8	83,3	0,34	47,2
APMP refinada	58	2,736	8,3	86,3	0,53	49,3

Tabla 4: Propiedades mecánicas de la pulpa APMP blanqueada

Pulpa	°SR	I.Explósión	I.Rasgado	I.Tracción	Elongación	TEA
		[kPa m ² /g]	[mN m ² /g]	[N m/g]	[%]	[J/m ²]
APMP	35	0,61	2,15	16,7	1,03	6,9
APMP refinada	58	1,10	2,99	26,0	1,42	15,3
APMP-SBK	-	1,42	5,47	30,4	1,76	23,6

Los valores obtenidos son algo mejores que los logrados en condiciones similares con *Eucalyptus grandis* (10).

Comparando con datos de otros autores (8), las propiedades mecánicas de las pulpas al grado de refino con que salieron del refinador (35°SR) son comparables con las obtenidas con un proceso P-RC APMP de una mezcla de latifoliadas, con cargas similares de álcali. Aplicando un refino adicional hasta 58°SR, las pulpas duplicaron sus resistencias, superando a los valores informados por los autores en 44%, 11% y 69% los índices de tracción, rasgado y explosión respectivamente.

Optimizando el proceso, por ejemplo, variando las cargas de álcali y peróxido, aplicando soda en la primera impregnación y otras opciones, se podrían obtener mejores resistencias y blancuras (11).

La incorporación de 15% de pulpa kraft blanqueada de pino produjo un incremento del 17%, 29% y 83% en las resistencias a la tracción, explosión y rasgado respectivamente.

CONCLUSIONES

El pulpado APMP produjo una pulpa quimimecánica con excelentes propiedades ópticas, aunque inferiores resistencias que las requeridas para papeles de impresión y escritura.

No obstante, el proceso es optimizable y los refinadores industriales producen siempre mejores pulpas que los de laboratorio.

Con un empaste de 85% de pulpa APMP con 15% de pulpa kraft blanqueada de pino se puede producir un papel apto para impresión y escritura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Area, M.C., Felissia, F.E., Clermont, J.E., Núñez, C.E. Venica, A.D., "Bleached NSSC pulps from eucalyptus species" Cel ChemTech, en prensa, 2007.
2. Area, M.C. "Tecnologías limpias de producción de Pulpas de *Eucalyptus*" El Papel (España), N°123, pp. 58-61, Diciembre 2005-Enero 2006.
3. Area, M.C., Kruzolek, C., "Aplicación de variantes del proceso de pulpado al peróxido alcalino de *Eucalyptus grandis* de 6 y 15 años", Congreso

- Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel 2000, Puerto Iguazú, Argentina, 18 al 21 de Octubre 2000. (CD)
4. Xu, E. C., "P-RC Alkaline Peroxide Mechanical Pulping of Hardwoods. Parte 3 - South American Eucalyptus" *Appita Journal* Vol 55 N°2, pp. 130-134, 2002.
 5. Xu, E.C. "Some of the latest investigations in P-RC APMP pulping of hardwood. Part 1: LCR at secondary refining", 88th PAPTAC Annual Meeting, pp. C1, Preprint, Montreal, Canada, 28 Jan - 1 Feb 2002.
 6. Andritz, "New orders, mechanical pulping", *Fiberspectrum*, Issue 14 n°2, p32, 2006.
 7. Xu, E. C., "P-RC Alkaline Peroxide Mechanical Pulping of Hardwoods. Parte 3 - South American Eucalyptus" *Appita Journal* Vol 55 N°2, pp. 130-134, 2002.
 8. Xu, E.C. "Some of the latest investigations in P-RC APMP pulping of hardwood. Part 1: LCR at secondary refining", 88th PAPTAC Annual Meeting, pp. C1, Preprint, Montreal, Canada, 28 Jan - 1 Feb 2002.
 9. Schnell, A.; Skog, S.; Sabourin, M. J.; Schnell, A. "Chemical Characterization and Biotreatability of Alkaline-Peroxide Mechanical Pulping Effluents", *Environ. Conf. (Boston) Proc. (Book 1): 187-200. TAPPI; March 28-31, 1993.*
 10. Area, M.C., Kruzolek, C., "Aplicación de variantes del proceso de pulpado al peróxido alcalino de *Eucalyptus grandis* de 6 y 15 años", Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel , CIADICYP 2000, Puerto Iguazú, Argentina, 18 al 21 de Octubre 2000. Trabajo completo en CD.
 11. Xu, E.C., Sabourin, M.J., "Evaluation of APMP and BCTMP for market pulps from South American eucalyptus" *Tappi Journal* 82:12, 75-82 (1999).

AGRADECIMIENTOS

Est. TeCyP Hugo Ferreira, Est. TeCyP Sebastián González, Est. TeCyP María Antonieta Klein, Ing. Julieta Benítez, Dra. Laura Villalba. A Carlos Núñez, por las fotomicrografías.